

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-88019

(P2003-88019A)

(43) 公開日 平成15年3月20日 (2003.3.20)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 2 K 1/27

識別記号

5 0 1

F I

H 0 2 K 1/27

テ-マ-ト* (参考)

5 0 1 K 5 H 0 0 2

5 0 1 M 5 H 6 2 1

Z 5 H 6 2 2

A

M

1/14

1/14

1/22

1/22

21/16

21/16

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2001-273355(P2001-273355)

(22) 出願日

平成13年9月10日 (2001.9.10)

(71) 出願人 000006811

株式会社富士通ゼネラル

神奈川県川崎市高津区末長1116番地

(72) 発明者 塚本 聡

神奈川県川崎市高津区末長1116番地 株式会社富士通ゼネラル内

(72) 発明者 大熊 繁

愛知県名古屋市千種区不老町 名古屋大学内

(74) 代理人 100083404

弁理士 大原 拓也

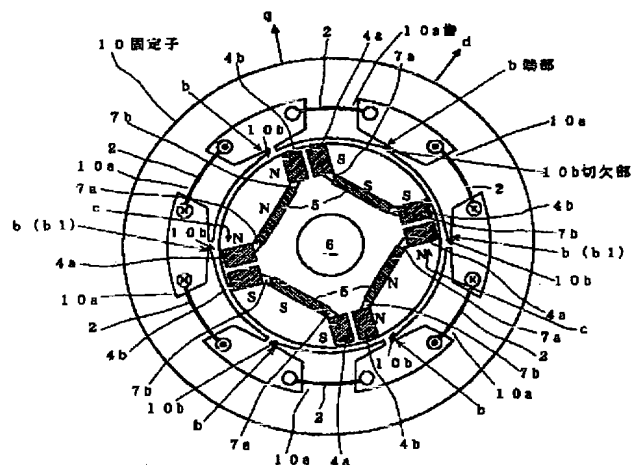
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 永久磁石電動機

(57) 【要約】

【課題】 I P M型回転子を有する永久磁石電動機で、トルク変動を小さくして振動騒音を低減し、平均トルクを大きくしてモータの効率向上を図ることを目的とする。

【解決手段】 6スロット構造の各歯10aに集中巻の巻線2を施して回転磁界を発生する固定子10の内側に、複数の永久磁石によって4極数分だけ埋め込んだ回転子3を配置してなる三相四極の永久磁石電動機であって、固定子10の歯10aの両端部のうち、回転子3の回転方向(反時計方向)側端部と反対の端部bの内周側を切り欠いて切欠部10bを形成し、切欠部10bによって端部bの厚さを薄くし、この薄くした端部におけるエアギャップを他の分よりも反回転方向ほど大きくする。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】 三相巻線の集中巻を施した $3n$ (n : 正の整数) 個の歯を有して回転磁界を発生する固定子(電機子)と、毎極当たり単数または複数の永久磁石によって $2n$ の極数を有するIPM型回転子(界磁)とからなる永久磁石電動機であって、前記固定子の歯の両端部のうち、回転子が接近する側の固定子の歯の端部の内周側は切り欠かれて切欠部が形成されるとともに、該切欠部によりその端部の半径方向の厚さは薄くされ、該薄くされた端部におけるエアギャップは、他の分よりも反回転方向ほど大きくされていることを特徴とする永久磁石電動機。

【請求項2】 前記回転子は、断面長方形の2つの永久磁石が q 軸に平行として前記回転子の外周側に埋め込まれ、該2つの永久磁石のシャフト側のそれぞれの端部の間には、断面長方形の永久磁石が配置されるとともに、同断面長方形の長辺が d 軸に直角となるように埋め込まれ、それら3つの永久磁石で1つの磁極を形成するように、該3つの永久磁石が当該極数分だけ前記回転子の円周方向に等間隔に埋め込まれ、前記 q 軸に平行な永久磁石と前記 d 軸に直角な永久磁石とは、それぞれフェライト磁石、希土類磁石とされる請求項1に記載の永久磁石電動機。

【請求項3】 前記回転子は、断面長方形の永久磁石が当該極数分だけ前記回転子の円周方向に等間隔に埋め込まれ、該永久磁石の断面長方形の長辺を d 軸に直角とするとともに、当該シャフト側に配置することで磁極を形成し、それら永久磁石の断面長方形の両端部(短辺側端部)には、前記回転子の外周側方向に延び、かつ、 q 軸に平行なフラックスバリアを形成されている請求項1に記載の永久磁石電動機。

【請求項4】 前記回転子は、断面長方形の永久磁石が当該極数分だけ前記回転子の円周方向に等間隔に埋め込まれ、該永久磁石の断面長方形の長辺を d 軸に直角とするとともに、前記回転子の外周側に配置することで磁極を形成し、それら永久磁石の断面長方形の両端部(短辺側端部)側には、前記回転子の外周 q 軸付近が切り欠かれてフラックスバリアが形成されている請求項1に記載の永久磁石電動機。

【請求項5】 前記回転子は、1層構造あるいは多層構造とした断面円弧形状の永久磁石が当該極数分だけ d 軸中心に埋め込まれ、その断面円弧形状の頂点が当該シャフトに向けられるとともに、断面円弧形状の両端部が q 軸に向けられている請求項1に記載の永久磁石電動機。

【請求項6】 前記回転子は、断面長方形の永久磁石2個が逆ハの字形状にされて d 軸中心に配置され、あるいは、断面台形の上辺および両斜辺に沿った形状の永久磁石がその上辺を軸側にして d 軸中心に配置され、円弧あるいは断面蒲鉾形の永久磁石が d 軸中心に配置され、それら永久磁石が、当該極数分だけ円周方向に等間隔に埋

め込まれる請求項1に記載の永久磁石電動機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、家電機器(空気調和機等)に用いるブラシレスDCモータの永久磁石電動機に係り、特に詳しくは、効率の向上を図るように固定子の構造に工夫を施した永久磁石電動機に関するものである。

【0002】

【従来の技術】永久磁石電動機は、一般的には、固定子(電機子ステータ)の内側にIPM型の回転子(界磁ロータ)を配置してなり、例えば、三相四極モータの場合では、図8に示す構成のものがある。固定子1は、 $3n$ 個(n : 正の整数、例えば2)の歯1aに集中巻2が施され、回転子3は、一对の永久磁石(例えばフェライト磁石)4a、4bおよび永久磁石(例えば希土類磁石)5が当該円周方向に等間隔に埋め込まれ $2n$ 極とされている。

【0003】上記一对の永久磁石4a、4bは、断面長方形とされて当該外周からシャフト6側に向けられるとともに、当該極(4極)分だけ埋め込まれる。永久磁石5は、断面長方形とされ、それら永久磁石4a、4bとの間でシャフト3側端部間に埋め込まれている。すなわち、永久磁石4a、4bは q 軸に平行に埋め込まれ、永久磁石5は断面長方形の長辺を d 軸に直角になるように埋め込まれており、一对の永久磁石4a、4bと永久磁石5の間には、磁束の漏洩、短絡を防止するためのフラックスバリア7a、7bがそれぞれ設けられている。

【0004】一对の永久磁石4a、4bは、断面長方形の長辺側を極とし、かつ、それらの内側を同一極とし、永久磁石5は、シャフト6に対して反対側の長辺を極とし、当該回転子3の磁極を形成してしている。また、一对の永久磁石4a、4bおよび永久磁石5の極と隣接する他の一对の永久磁石4a、4bおよび永久磁石5とは異極とされ、回転子3に4極の磁極を形成している。

【0005】上記構成の永久磁石電動機によれば、ステータコアの内径寸法は同一で均一なエアギャップを有し、回転子の d 軸には、リラクタンストルクを発生させるための電磁鋼板からなる磁極を有することになる。

【0006】また、上記回転子3において、回転力となるマグネットトルクを発生させる一方、永久磁石4a、4bと永久磁石5との内側領域(電磁鋼板)には、固定子1からの磁束のうち、一方の q 軸から他方の q 軸への磁束の路(磁路)が確保される。しかも、一方の d 軸から他方の d 軸への磁束の路が、特に永久磁石4a、4bで阻害されるため、 d 軸、 q 軸のインダクタンス差が大きくなり、リラクタンストルクが発生する。したがって、マグネットトルクとリラクタンストルクとを併せたトータルトルクが大きくなり、効率の高いモータを実現することができる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記永久磁石電動機においては、磁束がエアギャップを介して固定子1および回転子3の内部を通過するが、固定子1の歯1aの端部を回転子3の極（電磁鋼板の磁極）が通過するとき（図8に示す状態になったとき）には、大きなトルク変動が起こり、トルクの増大低下の現象が起こる。言い替えると、トルク変動により振動および騒音が大きくなり、トルクの落込みに伴って平均トルクが小さくなるため、モータの効率が低下するという欠点がある。上記トルク変動の原因としては、マグネットトルクが急激に変化するだけでなく、リラクタンストルクの変化も大きく、かつ、トルクの落込みも大きいことによるものと考えられる。

【0008】すなわち、固定子1の歯1aと回転子3との関係が図8に示す状態になると、固定子1および回転子3を通過する磁束が大きくなり、特に歯1aの端部（反時計方向に回転している場合電磁鋼板の磁極が先に来る方の端部）aには磁束が集中し易いからである。これは、電磁界解析のシミュレーション結果から判断することができる（図8、図9参照）。

【0009】図9のトルクグラフ図に示すように、上記永久磁石電動機のトルクには、トルクの落込みの大きい箇所（特に機械角30度付近）が存在していることが明かである。なお、図9のトルクグラフについて補足的に説明すると、これは歯1aの端部に切欠部を形成していない場合のトルク特性を表しており、曲線のそれぞれは、マグネットトルク、リラクタンストルク、トータルトルクを表している。

【0010】本発明は、上記課題に鑑みなされたものであり、その目的は、トルク変動を小さくして振動騒音を低減し、平均トルクを大きくしてモータの効率を向上させ、コストをアップさせることなく省エネルギー効果を発揮することができるようにした永久磁石電動機を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、集中巻を施した $3n$ （ n ：正の整数）個の歯を有して回転磁界を発生する固定子（電機子）と、複数の永久磁石によって $2n$ の極数を有する回転子（界磁）とからなる永久磁石電動機であって、上記固定子の歯の両端部のうち、回転子が接近する側の固定子の歯の歯端の半径方向の厚さが薄くされていることを特徴としている。

【0012】本発明は、集中巻を施した $3n$ （ n ：正の整数）個の歯を有して回転磁界を発生する固定子（電機子）と、複数の永久磁石によって $2n$ の極数を有する回転子（界磁）とからなる永久磁石電動機であって、上記固定子の歯の両端部のうち、回転子が接近する側の固定子の歯の端部の内周側は切り欠かれて切欠部が形成され

るとともに、この切欠部によりその端部の半径方向の厚さは薄くされ、該薄くされた端部におけるエアギャップは、他の分よりも反回転方向ほど大きくされていることを特徴としている。

【0013】上記固定子には三相巻線の集中巻を施し、上記回転子には、IPM型回転子を用いるとよい。これにより、実用的なモータが得られるとともに、IPMの特徴を生かしたモータが得られる。

【0014】上記回転子は、断面長方形の2つの永久磁石が q 軸に平行として上記回転子の外周側に埋め込まれ、その2つの永久磁石のシャフト側のそれぞれの端部の間には、断面長方形の永久磁石が配置されるとともに、同断面長方形の長辺が d 軸に直角となるように埋め込まれ、それら3つの永久磁石で1つの磁極を形成するように、3つの永久磁石を当該極数分だけ前記回転子の円周方向に等間隔に埋め込み、前記 q 軸に平行な永久磁石と前記 d 軸に直角な永久磁石とをそれぞれフェライト磁石、希土類磁石とするとよい。フェライト磁石と希土類磁石を効果的に用いることで、モータのコストを勘案して大きなマグネットトルクの発生を見込むことができるだけでなく、永久磁石の配置によって、リラクタンストルクを大きくし、モータのトータルトルクを大きくすることができる。

【0015】上記回転子は、断面長方形の永久磁石を円周方向に等間隔に当該極数分だけ埋め込み、この永久磁石の断面長方形の長辺を d 軸に直角とするとともに、当該シャフト側に配置して磁極を形成し、それら永久磁石の断面長方形の両端部（短辺側端部）には、当該外周側に延び、かつ、 q 軸に平行なフラックスバリアを形成するとよい。これにより、永久磁石の磁束短絡、漏洩が防止され、上記永久磁石の材質としては、希土類磁石を用いれば、トータルトルクが大きくなるばかりでなく、高効率、低騒音のモータを得ることができる。

【0016】上記回転子は、断面長方形の永久磁石を円周方向に等間隔に当該極数分だけ埋め込み、この永久磁石の断面長方形の長辺を d 軸に直角とするとともに、当該外周側に配置して磁極を形成し、それら永久磁石の断面長方形の両端部（短辺側端部）側には、当該外周で q 軸付近に切り欠かれたフラックスバリアを形成するとよい。これにより、永久磁石の磁束短絡、漏洩が防止され、上記永久磁石の材質としては、希土類磁石あるいはフェライト磁石を用い、トータルトルクの増大ならびに効率の向上が図れる。

【0017】上記回転子は、1層構造あるいは多層構造とした断面円弧形状の永久磁石を d 軸中心に当該極数分だけ埋め込み、その断面円弧形状の頂点を当該シャフト側に向け、かつ、その断面円弧形状の両端部を q 軸に向けるとよい。これにより、リラクタンストルクが大きくなり、マグネットトルクと併せたトータルトルクが大きくなることから、モータの効率向上が図ることができ

る。

【0018】上記回転子は、断面長方形の永久磁石を逆ハの字形状にしてd軸中心に配置し、あるいは、断面台形の上辺および両斜辺に沿った形状の永久磁石をその上辺を軸側にしてd軸中心に配置し、もしくは、断面円弧形あるいは断面蒲鉾形の永久磁石をd軸中心に配置し、それら永久磁石を当該極数分だけ円周方向に等間隔に埋め込むとよい。これにより、リラクタンストルクとマグネットトルクとを併せたトータルトルクが大きくなり、モータ効率の向上を図ることができる。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図1ないし図7を参照して詳しく説明する。なお、図中、図8と同一部分には同一符号を付して重複説明を省略する。本発明の永久磁石電動機は、固定子と回転子の磁気吸引力を利用したシンクロナスマータとし、固定子の歯（例えば図1のb（b1））と回転子の磁極（例えば図1のc）との出会いがしらのトルクの急激な立ち上がりを押さえ、かつ、その後のトルクの落込みを少なくして $|d\tau/d\theta|$ を小さくするように工夫を施して実現したものである（ここで、 τ はトルク、 θ は回転子の回転角を表す）。

【0020】図1および図2に示すように、永久磁石電動機の固定子10は、図8に示す固定子1と同様に、3n個（n：正の整数、例えば2）の歯10aを有し、歯10aの一端部bを切り欠いて切欠部10bを形成し、切欠部10bによって端部bの厚さtを薄くしている。なお、回転子3は、図8と同様に、2n個の磁極を構成する永久磁石を有する構造であることからその説明を省略する。

【0021】上記固定子10を具体的に説明すると、図2から明かなように、回転子3が反時計方向に回転する場合、上記切欠部10bは歯10aの左側一端の内周面を直線的に切り欠き、端部bの厚さT（例えば1.5mm～2mm）を薄くすることで、その箇所のエアギャップを大きくしている。なお、Tは歯10aの右側端部の

厚さである。また、歯10aの一端部bの先端の厚さtは0.4mm～0.8mmにすると好ましい。なお、隣接する歯10aの端部間Sは例えば2mmであり、歯10aと回転子3との間隔は例えば0.6mmである。

【0022】これにより、回転子3の磁極の中心が固定子の歯10aの中心（従来の幾何学的磁極の中心）に対して角度 θ になったとき、上記切欠部10bの効果によって固定子10の磁極の中心（実質的磁極の中心）が反時計方向に僅かな量 $\Delta\theta$ だけ偏ることになる。 θ 、 $\Delta\theta$ は当該永久磁石電動機の回転中心Oとしての磁極中心角度である。なお、上記端部bの厚さtは内周面を切り欠いて薄くなっているが、例えばその端部bの両面をカットするようにしてもよい。

【0023】上記構成とした永久磁石電動機の作用を図3のトルクグラフ図を参照して詳細に説明する。固定子10の歯10aの端部bの幅は従来よりも薄く、また、回転子3の外周から離れるほど、かつ、端部bの先になるほど、その外周から離れることにより、エアギャップが大きくなる。このため、端部bにあっては磁束の集中が緩和され、従来のような磁束の集中を起こすことなく、回転子3の回転角に対して、マグネットトルクおよびリラクタンストルクの変化が小さくなり、トータルトルクのリップルも小さくなる。

【0024】具体的には、図3に示すトルクと回転角 θ のグラフの機械角30度付近におけるトルク落ち込みが図9と比較して小さい。また、機械角50度付近におけるトルクは、図9と比較して低く、図3に示すトルクの変化が小さいことが分かる。なお、図3は図9に対応したトルクと回転角 θ のグラフであり、図3における曲線それぞれは、マグネットトルク、リラクタンストルク、トータルトルクである。

【0025】表1および表2は、図3および図9のグラフのもととなる回転角とトルクの関係を表す詳細データである。

【表1】

減速角	トータル トルク	通電区間 平均トルク	リラクタンス トルク	マグネット トルク
0	0.01	0.784	0.00	0.01
2	0.02	0.895	0.00	0.01
4	0.01	1.005	-0.01	0.02
6	0.04	1.115	0.00	0.04
8	0.07	1.224	0.01	0.06
10	0.11	1.330	0.01	0.10
12	0.30	1.431	0.03	0.27
14	0.61	1.514	0.07	0.54
16	0.92	1.572	0.13	0.80
18	1.27	1.614	0.20	1.07
20	1.54	1.637	0.26	1.28
22	1.68	1.642	0.29	1.39
24	1.74	1.633	0.30	1.43
26	1.74	1.615	0.31	1.43
28	1.70	1.592	0.28	1.42
30	1.67	1.565	0.26	1.42
32	1.66	1.535	0.23	1.43
34	1.67	1.501	0.20	1.46
36	1.67	1.465	0.16	1.51
38	1.67	1.425	0.12	1.55
40	1.63	1.383	0.07	1.56
42	1.64	1.337	0.04	1.50
44	1.49	1.284	0.03	1.46
46	1.65	1.228	0.00	1.54
48	1.63	1.167	-0.02	1.65
50	1.61	1.099	-0.05	1.66
52	1.64	1.023	-0.09	1.62
54	1.47	0.942	-0.13	1.60
56	1.39	0.860	-0.18	1.57
58	1.30	0.776	-0.22	1.51
60	1.22	0.694	-0.23	1.45
62	1.16	0.614	-0.26	1.42
64	1.12	0.539	-0.29	1.41
66	1.08	0.464	-0.31	1.39
68	1.04	0.395	-0.32	1.36
70	0.94	0.331	-0.33	1.27
72	0.75	0.276	-0.27	1.02
74	0.65	0.246	-0.14	0.79
76	0.64	0.243	-0.07	0.71
78	0.60	0.263	-0.03	0.63
80	0.47	0.309	-0.01	0.48
82	0.34	0.379	-0.01	0.34
84	0.23	0.469	-0.01	0.24
86	0.14	0.569	-0.01	0.15
88	0.07	0.676	-0.01	0.09
90	0.01	0.784		

【表2】

機械角	トータル トルク	通電区間 平均トルク	リラクタンス トルク	マグネット トルク
0	0.00	0.815	0.00	0.00
2	0.01	0.922	0.01	0.00
4	0.01	1.029	0.00	0.01
6	0.03	1.138	0.00	0.03
8	0.06	1.242	0.00	0.06
10	0.11	1.346	0.00	0.11
12	0.32	1.446	0.02	0.30
14	0.66	1.527	0.07	0.59
16	1.03	1.584	0.16	0.89
18	1.53	1.622	0.28	1.26
20	1.84	1.638	0.34	1.49
22	1.76	1.631	0.33	1.43
24	1.66	1.618	0.32	1.34
26	1.62	1.602	0.30	1.32
28	1.60	1.581	0.27	1.33
30	1.60	1.556	0.25	1.36
32	1.62	1.527	0.23	1.39
34	1.62	1.493	0.20	1.43
36	1.62	1.457	0.14	1.49
38	1.62	1.419	0.09	1.53
40	1.60	1.379	0.05	1.55
42	1.53	1.332	0.02	1.51
44	1.51	1.280	0.01	1.50
46	1.61	1.222	-0.01	1.62
48	1.76	1.158	-0.02	1.78
50	1.73	1.080	-0.05	1.78
52	1.66	0.990	-0.09	1.66
54	1.42	0.904	-0.14	1.56
56	1.31	0.820	-0.20	1.50
58	1.22	0.740	-0.23	1.45
60	1.16	0.663	-0.25	1.41
62	1.11	0.685	-0.27	1.39
64	1.08	0.612	-0.30	1.39
66	1.05	0.441	-0.32	1.37
68	1.01	0.373	-0.33	1.34
70	0.92	0.309	-0.34	1.26
72	0.74	0.255	-0.28	1.02
74	0.65	0.227	-0.15	0.79
76	0.64	0.228	-0.07	0.71
78	0.59	0.254	-0.02	0.61
80	0.39	0.316	0.00	0.39
82	0.26	0.413	0.00	0.26
84	0.17	0.512	0.00	0.17
86	0.11	0.611	0.00	0.11
88	0.06	0.712	-0.01	0.07
90	0.00	0.815		

【0026】また、本発明の回転子の歯の非対称形状解析結果の一例を表3に示し、平均トルクについて従来品と比較する。これによると、図3に示した結果（特に $t=0.4$ の場合）が従来品よりもトルク変動が低減して

いることが分かる。

【0027】

【表3】

	平均トルク	増減(%)	A トルク Max	B トルク Min	A-B トルク変動	増減(%)
従来品	1.638	—	1.84	1.51	0.33	—
本発明 $x \rightarrow t = 0.2$	1.640	+ 0.1	1.78	1.50	0.28	- 15.2
$x \rightarrow t = 0.4$	1.642	+ 0.2	1.74	1.49	0.25	- 24.2
$x \rightarrow t = 0.6$	1.643	+ 0.3	1.80	1.48	0.32	- 3.0

【0028】このように、図3と図9との比較および表1と表2の比較ならびに表3から、トルク変動については従来よりも小さく、騒音が抑えられることが明かである。また、図2に示すように、マグネットトルクは、上述したように固定子10の磁極の実質的中心の位置が回転子3の回転方向に進むため、トルクの落込みが少なく

なり、平均トルクが大きくなる。

【0029】この場合、トルクがほぼ $\sin(\theta + \Delta\theta)$ に比例することから、 $0^\circ < (\theta + \Delta\theta) < 90^\circ$ の範囲においては $\sin(\theta)$ よりも $\sin(\theta + \Delta\theta)$ の方が大きい。したがって、トルクは実質的磁極の中心が $\Delta\theta$ だけ進んでいる方（ $\sin(\theta + \Delta\theta)$ の

方)が大きくなる(ここで、 θ 、 $\Delta\theta$ は電気角を表す。)。このように、平均トルクが大きくなることにより、モータの効率が向上する。

【0030】ここで、固定子10および回転子3の製造について簡単に説明する。製造にあたっては、コアプレス金型を用いて自動プレスで電磁鋼板を打ち抜き、同金型内で一体的に形成するコア積層方式(自動積層方式)を採用する。なお、回転子3にあっては、積層したコアの両端側に蓋(端子板)を添えるとともに、リベットを通すとよい。

【0031】リベットは、一対の永久磁石4a、4bおよび永久磁石5と回転子3の外周と間の領域でd軸上に通す。また、一方のq軸から他方のq軸への磁束に対して悪影響(例えば磁気飽和)が起これないようにするため、リベットの材質に透磁率のよい強磁性体を用いるとよい。

【0032】なお、上述したモータを、例えば空気調和機の圧縮機モータ等として利用すれば、空気調和機の低コスト化、空気調和機の性能アップ(運転効率の上昇、振動や騒音の低下)を図ることができる。

【0033】また、図1においては、6スロットの固定子10にU相、W相、V相の集中巻の巻線10bを施し、4極構成とした回転子3を用いているが、例えば、9スロットの固定子と6極の回転子とから構成し、あるいは、12スロットの固定子と8極の回転子とから構成した場合に適用してもよい。

【0034】図4ないし図7は、上述した回転子3の変形例を示す概略的構造図である。なお、図中、図1と同一部分には同一符号を付して重複説明を省略する。図4において、この第1の変形例の回転子20は、回転子10と同じIPM型ではあるが、断面長方形とした永久磁石(例えば希土類磁石)21は、当該円周方向に等間隔に4個配置するとともに、その断面長方形の長辺をシャフト6側に向けd軸と直角として当該外周よりもシャフト6に近い位置に埋め込まれている。この場合、隣接する永久磁石21を異極とし、相対する永久磁石21を同極とし、各永久磁石21の両端側には、当該外周に直線的に延び、かつ、q軸に平行なフラックスバリア22a、22bが設けられている。

【0035】上記構成とした回転子20を前実施例の固定子10の回転子とすれば、その回転子20が回転子3と同じ4極であることから、当該モータは前実施例と同じ効果を発揮する。なお、永久磁石21の磁石使用量が図1の回転子3よりも少ないことから、マグネットトルクが前実施例よりも小さくなり、リラクタンストルクの効果的な発生が期待でき、かつ、低コスト化を実現することができる。

【0036】図5において、この第2の変形例の回転子30は、回転子10と同じIPM型ではあるが、断面長方形とした永久磁石31を当該円周方向に等間隔に4個

配置するとともに、その長辺をシャフト6側に向けd軸と直角としてシャフト6よりも当該外周に近い位置に埋め込まれている。この場合、隣接する永久磁石31を異極とし、相対する永久磁石31を同極としている。また、各永久磁石31の両端側には、当該外周を切り欠いた切欠部10bによってフラックスバリア32が設けられている。なお、切欠部10bは、各永久磁石31の断面長方形の短辺と平行にする。

【0037】上記構成とした回転子30を前実施例の固定子10の回転子とすれば、その回転子30が回転子3と同じ4極であることから、当該モータは、前実施例と同じ効果を発揮する。また、永久磁石31の材質として、例えば、希土類磁石あるいはフェライト磁石等を用い、永久磁石31を当該外周に近く配置している。

【0038】図6において、この第3の変形例の回転子40は、回転子10と同じIPM型ではあるが、断面逆円弧形状の永久磁石41は、当該円周方向に等間隔に4個配置し、その円弧の中心をd軸上とし、かつ、その円弧の頂点をシャフト6側に向けるとともに、円弧の両短部をq軸方向に向けて逆円弧状に埋め込まれている。この場合、隣接する永久磁石41を異極とし、相対する永久磁石41を同極としている。

【0039】上記構成とした回転子40を前実施例の固定子10の回転子とすれば、回転子40が回転子3と同じ4極であることから、当該モータは前実施例と同じ効果を発揮する。永久磁石41の材質としては、例えば、フェライト磁石等を用いる。

【0040】図7において、この第4の変形例の回転子50は、回転子10と同じIPM型ではあるが、第3の変形例の永久磁石41に代え、多層構造(例えば二層構造)とした断面逆円弧形状の永久磁石51、52は、当該円周方向に等間隔に各4個配置され、その円弧の中心をd軸上とし、かつ、その円弧の頂点をシャフト6側に向けるとともに円弧の両短部をq軸方向に向けて逆円弧状に埋め込まれている。この場合、多層構造の永久磁石51、52の隣接同士を異極に、多層構造の永久磁石41、42の相対する同士を同極としている。

【0041】上記構成とした回転子50を前実施例の固定子10の回転子とすれば、その回転子50が回転子3と同じ4極であることから、当該モータは前実施例と同じ効果を発揮することになる。永久磁石51の材質としては、例えば、希土類磁石あるいはフェライト磁石等を用い、永久磁石51を逆断面円弧形状としていることから、第3の変形例と同様の効果が得られる。さらに、回転子の磁極が多層構造とした逆断面円弧形状の永久磁石51、52で構成されることから、第3の変形例よりもリラクタンストルクが大きくなるという効果もある。

【0042】上述した第1ないし第4の変形例は、回転子のほんの一部であり、例えば図1の回転子3の永久磁石4a、4a、5を一体化した形状、つまり、台形の上

辺および両斜辺に沿った断面形状とした永久磁石を埋め込むようにしてもよい。また、ほぼ断面台形形状とした永久磁石を用い、その上辺をシャフト6側に向けて埋め込むようにしてもよい。あるいは、台形の底辺を回転子外周に沿った形状(蒲鉾形形状)とした永久磁石を用い、その上辺をシャフト6側に向けて埋め込むようにしてもよい。さらには、第3の変形例の逆円弧形状の永久磁石41を半分にし、かつ、その円弧を直線とした形状(ほぼハの字の形状)とした永久磁石を用いるようにしてもよい。

【0043】なお、第1ないし第4の変形例の回転子20、30、40、50等の製造については、前実施例と同様であることからその説明を省略する。また、それら回転子20、30、40、50および他の回転子を、固定子10の回転子として空気調和機に用いれば、既に述べたように、低コスト化、空気調和機の性能アップを図ることができる。また、固定子を9スロットとして回転子を6極とし、あるいは固定子を12スロットとして回転子を8極とする永久磁石電動機にも適用可能であることは明かである。

【0044】

【発明の効果】以上説明した本発明によると、以下に述べる効果を奏する。本発明の永久磁石電動機は、三相巻線の集中巻を施した $3n$ (n : 正の整数)個の歯を有して回転磁界を発生する固定子(電機子)と、複数の永久磁石によって $2n$ の極数を有する回転子(界磁)とからなり、固定子の歯の両端部のうち、固定子が接近する側の固定子の歯の歯端の半径方向の厚さを薄くしていることから、固定子の歯と回転子の磁極との出会いがしらのトルクの急激な立ち上がりを抑さえ、かつ、その後のトルクの落込みを少なくして、 $|d\tau/d\theta|$ を小さくし、トルク変動を小さくして振動騒音を低減し、平均トルクを大きくしてモータの効率向上を図ることができるという効果がある(ここで、 τ はトルク、 θ は回転子の回転角を表す。)

【0045】本発明の永久磁石は、集中巻を施した $3n$ (n : 正の整数)個の歯を有して回転磁界を発生する固定子(電機子)と、複数の永久磁石によって $2n$ の極数を有する回転子(界磁)とからなり、固定子の歯の両端部のうち、回転子が接近する側の固定子の歯の端部の内周側を切り欠いて切欠部を形成し、この切欠部によりその端部の半径方向の厚さを薄くし、この薄くした端部に

おけるエアギャップが他の分よりも反回転方向ほど大きくされていることから、固定子の歯と回転子の磁極との出会いがしらのトルク変化がより小さくされ、かつ、トルクの落込みがより小さくなる。したがって、トルク変動を抑えて振動騒音を低減し、平均トルクを大きくして効率を向上させ、コストをアップさせることなく省エネルギー効果を発揮することができるという効果大なるものがある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態を示す永久磁石電動機の概略的構造図。

【図2】図1に示す永久磁石電動機を説明するための概略的部分的拡大図。

【図3】図1に示す永久磁石電動機の特性を説明するための概略的トルクグラフ図。

【図4】本発明の第1の変形例を示し、永久磁石電動機の回転子を説明するための概略的構造図。

【図5】本発明の第2の変形例を示し、永久磁石電動機の回転子を説明するための概略的構造図。

【図6】本発明の第3の変形例を示し、永久磁石電動機の回転子を説明するための概略的構造図。

【図7】本発明の第4の変形例を示し、永久磁石電動機の回転子を説明するための概略的構造図。

【図8】従来の永久磁石電動機の回転子を説明するための概略的構造図。

【図9】図8に示す永久磁石電動機の特性を説明するための概略的トルクグラフ図。

【符号の説明】

2 巻線(集中巻)

3, 20, 30, 40, 50 回転子

4a, 4b 一对の永久磁石(断面長方形)

5, 21, 31 永久磁石(断面長方形)

6 シャフト

7a, 7b フラックスバリア

10 固定子

10a 歯

10b 切欠部

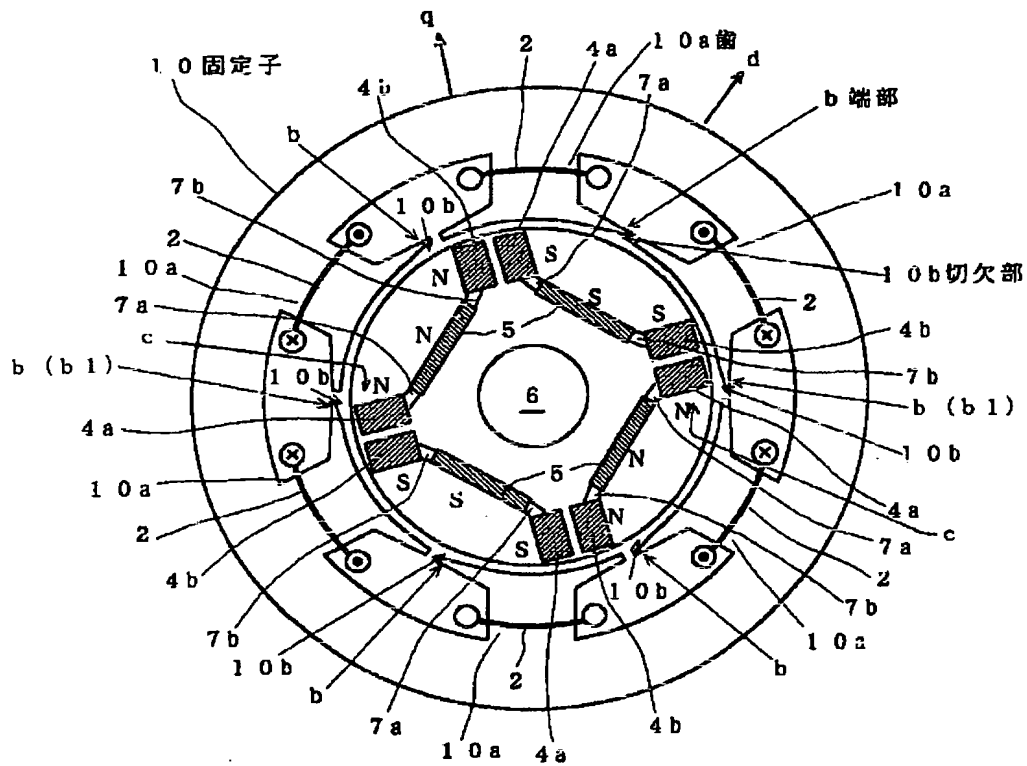
41 永久磁石(断面円弧形状)

51 永久磁石(多層構造の断面円弧形状)

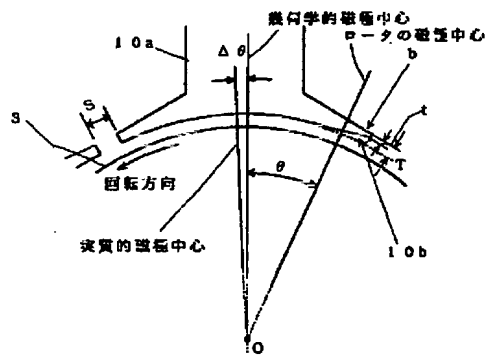
b 端部(歯10aの)

t 厚さ(切欠部10bを形成した端部bの先端の)

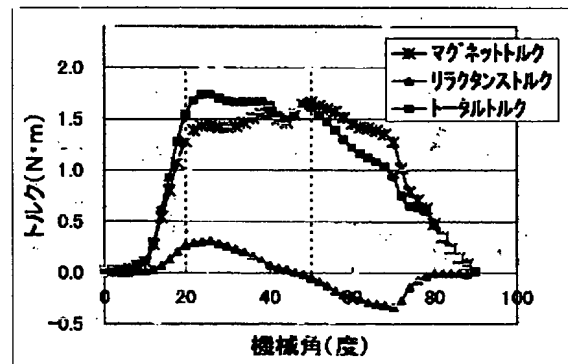
【図1】



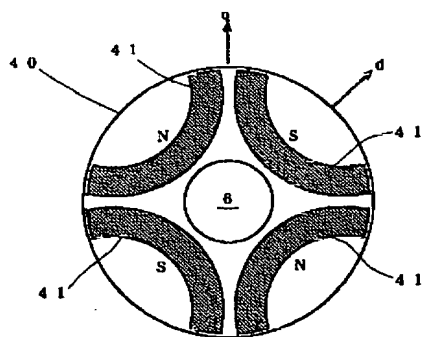
【図2】



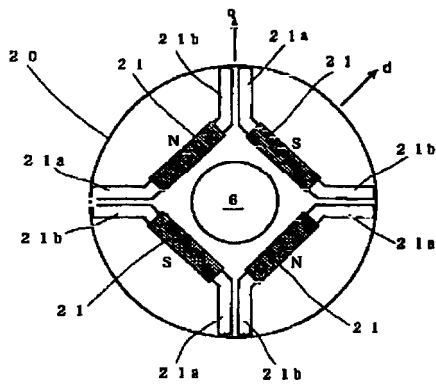
【図3】



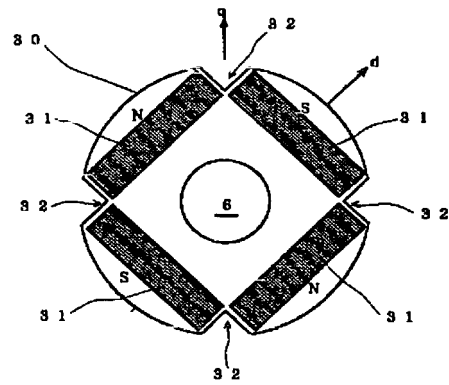
【図6】



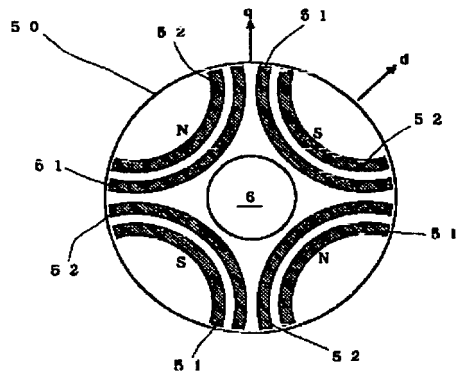
【図4】



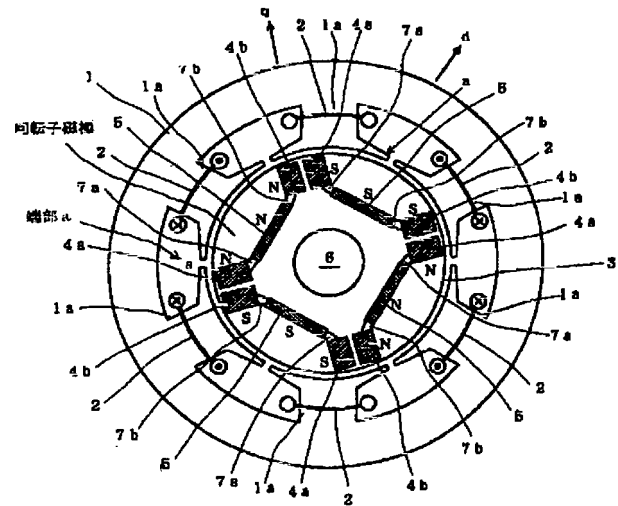
【図5】



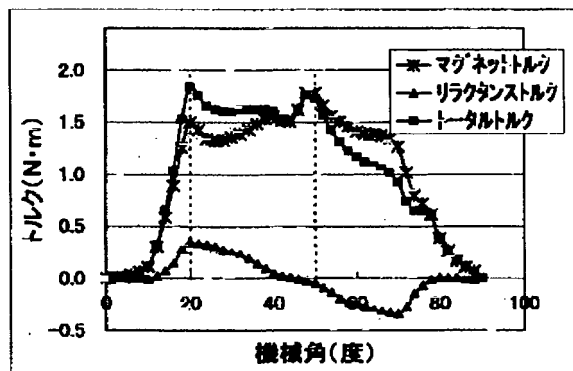
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	(参考)
// H 0 2 K	1/16	H 0 2 K	1/16 C
(72)発明者 山田 伸一		(72)発明者 藤岡 琢志	
神奈川県川崎市高津区末長1116番地 株式		神奈川県川崎市高津区末長1116番地 株式	
会社富士通ゼネラル内		会社富士通ゼネラル内	
(72)発明者 成田 憲治		Fターム(参考)	5H002 AA02 AA04 AB04 AB06 AB07
神奈川県川崎市高津区末長1116番地 株式			AE07
会社富士通ゼネラル内			5H621 AA02 BB07 BB10 GA04 GA12
			HH01 HH04 JK02 JK05
			5H622 AA02 CA02 CA07 CA10 CA13
			CB01 CB04 CB05 DD01 DD02
			PP03 PP10

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)